

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К ЩЕЛЕВОЙ КОРРОЗИИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА И НИКЕЛИДА ТИТАНА

Умарова О.З., Козуютов А.В.

Руководитель – к.т.н., Чернышова Ю.В

ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический
университет имени К.Э. Циолковского», г. Москва
toksyk@gmail.com

Сплавы на основе титана и никелида титана широко используются для изготовления имплантатов и медицинского инструмента, т.к. обладают высоким комплексом механических свойств и хорошей биосовместимостью, одним из показателей которой является высокая коррозионная стойкость. Эти материалы считаются не склонными к локальным видам коррозии, однако отмечены случаи избирательного интенсивного коррозионного разрушения конструкций из титановых сплавов в местах зазоров, в том числе и в медицинской практике. Особенность коррозионных процессов в узких зазорах – пониженная концентрация окислителей (кислорода и др.) по сравнению с концентрацией в объеме раствора и замедленный отвод продуктов коррозионной реакции, приводящие к общему активированию поверхности металла в трещине и облегчению анодного процесса растворения металла.

К применению в медицине разрешены также нержавеющие аустенитные стали и кобальт-хром-молибденовые сплавы, на коррозионную стойкость которых значительное влияние оказывают температура, концентрация окислителя и агрессивных ионов в среде, а также наличие дефектов на поверхности.

В настоящей работе изучали коррозионную стойкость сплавов на основе титана и никелида титана в среде, моделирующей условия внутри щели, в сравнении с другими металлическими материалами, используемыми в медицине.

Исследования проводили на образцах технически чистого титана, сплавов титана BT20 (Ti-5,5Al-0,8V-2,0Zr-1,0Mo), BT6 (Ti-5,3Al-4,5V) и BT23 (Ti-5,0Al-4,5V-2,0Mo-1,0Cr-0,6Fe), никелида титана (Ti-55,8Ni), сталей 316L (Fe-18,0Cr-14,0Ni-3,0Mo-2,0Mn) и 12X18H10T, а также кобальтового сплава (Co-28,3Cr-5,75Mo).

Исследование коррозионной стойкости материалов проводили гальваностатическим методом в растворе Рингера (0,9-% водный раствор NaCl). Для исследований использовали стеклянную трехэлектродную ячейку, вспомогательный электрод из платиновой проволоки. В качестве электрода сравнения применялся хлор-серебряный электрод. Удаление

кислорода из раствора проводили путем добавления в него навески соли Na_2SO_3 .

Если металл пассивируется, потенциал смещается в положительную сторону. Если металл склонен к щелевой коррозии, то из-за устранения кислорода с активных центров поверхности будет наблюдаться устойчивая активация металла (в этом случае потенциал смещается в отрицательную сторону, либо происходит его колебание). При этом протяженность области пассивного состояния уменьшится, а величина потенциала может достигнуть значения потенциала пробы.

На первом этапе работы исследовали характер изменения потенциалов образцов во времени в среде с нормальным и пониженным содержанием кислорода. Результаты показали, что в среде с нормальным содержанием кислорода потенциалы всех образцов с течением времени смещаются в сторону положительных значений, что указывает на их пассивацию. Стационарные потенциалы технически чистого титана, титановых сплавов BT20, BT6, и никелида титана находятся в области отрицательных значений, а стационарные потенциалы BT23, аустенитных нержавеющей сталей (316L, 12X18H10T) и кобальтового сплава принимают положительные значения.

При пониженном содержании кислорода в растворе потенциалы образцов титановых сплавов с течением времени изменяются незначительно, оставаясь практически на одном уровне, что говорит о стойкости этих материалов в таких условиях. Потенциалы образцов технически чистого титана, аустенитных нержавеющей сталей и кобальтового сплава смещаются в сторону отрицательных значений, что говорит о склонности этих материалов к щелевой коррозии. Потенциал образцов сплава на основе никелида титана с течением времени смещается в сторону положительных значений, что свидетельствует о пассивации образцов в условиях недостаточного содержания кислорода.

Проведенные исследования показали, что стационарные потенциалы образцов всех исследованных материалов в обескислороженной среде находятся в области более отрицательных значений по сравнению со значениями, полученными в растворе с нормальным содержанием кислорода. Образцы сплава на основе никелида титана имеют минимальную разницу стационарных потенциалов 89 мВ (рис. 1). Потенциалы образцов из титановых сплавов уменьшаются в среднем на 150 мВ, потенциалы стали 316L, кобальтового сплава и технически чистого титана смещаются в область отрицательных значений на величину порядка 200-250 мВ. Максимальную разницу стационарных потенциалов 351 мВ в растворе с нормальным и пониженным содержанием кислорода имеет сталь 12X18H10T (рис. 1).

На следующем этапе работы для всех исследуемых материалов были получены поляризационные кривые, и проведена оценка влияния

снижения содержания кислорода в растворе на электрохимические характеристики.

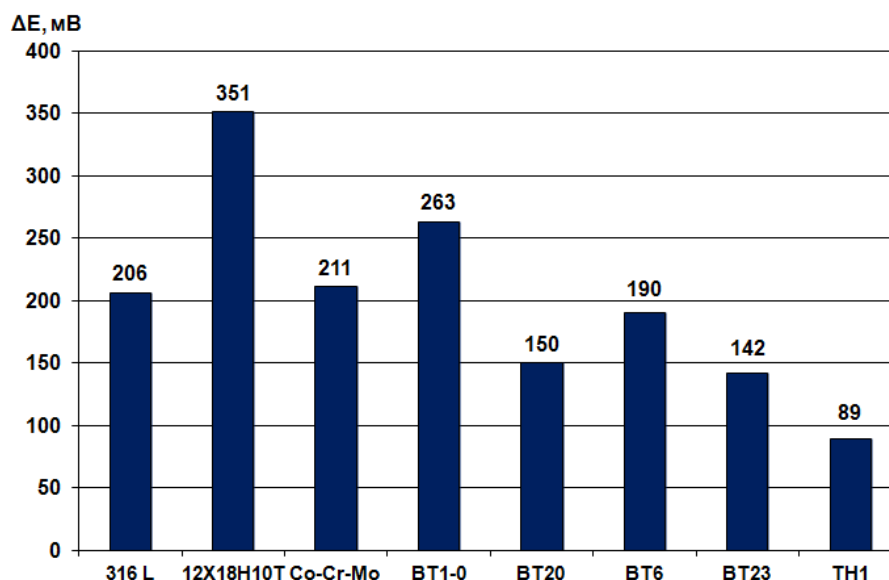


Рис. 1. Разница в стационарных потенциалах (ΔE) материалов при испытании в растворе Рингера с нормальным и пониженным содержанием кислорода

Установлено, что образцы из сплавов титана и никелида титана одинаково хорошо поляризуются в среде с нормальным и пониженным содержанием кислорода и имеют протяженную область пассивного состояния протяженностью до 1000 мВ. Потенциал пробоя в обескислороженной среде для них не достигается. Исследование поверхности образцов после испытаний показало отсутствие следов коррозии.

Образцы стали 12X18H10T в обескислороженном растворе поляризуются хуже чем, титановые сплавы, протяженность области пассивного состояния составляет всего 200 мВ. Изменений на поверхности нет. Образцы стали 316L и кобальтового сплава в процессе поляризации в обеих средах подвергаются выходу из пассивного состояния. Потенциалы питтингообразования для стали 316L и кобальт-хром-молибденового сплава составляют соответственно +707 и +758 мВ. На поверхности стальных образцов после испытаний обнаружено образование пробоев, на поверхности образцов кобальт-хром-молибденового сплава видны следы структурно-избирательной коррозии.

Таким образом, проведенная оценка стойкости разных медицинских материалов к щелевой коррозии показала, что все исследуемые материалы предрасположены к возникновению щелевой коррозии, однако вероятность ее возникновения у сплавов титана и никелида титана существенно меньше по сравнению с другими материалами.